

José Arango y Arango
(Memoria)

59

1905

José Arango y Arango

Proyecto

Se trata de aprovechar la energía de un salto de agua de 50 m. de altura y gasto para el objeto suficiente y distribuirlo en una comarca minera para atender a los servicios de extracción, ventilación perforación, transporte y lavado de minerales.

El mineral que se explota es la galena argentífera. - Los filones arman en las pizarras silurianas y las gangas que acompañan al mineral son el cuarzo, la baritina y la siderosa. - La metalización alcanza por término medio 600 Kg por metro cuadrado de filón, y la cantidad en plata es 300 gramos por quintal métrico. - La riqueza media del mineral es 30 % de plomo.

Para formar el salto hay que

construir presa y canal de 10 km. en terreno impermeable. - La distancia del salto a los 10 pozos que hay que atender en la comarca, está comprendida entre 3 y 5 kilómetros, y la profundidad de los pozos oscila entre 100 y 150 metros al formar el proyecto.

Su situación queda a voluntad de quien lo forme.

Se desea obtener una producción de mineral lavado al 70% de 30000 toneladas

La industria minera es sin duda la que utiliza la energía bajo los mas variados aspectos. - La diversidad de las necesidades, tanto para la explotación, cuanto para el transporte de los productos y para las operaciones a que hay que someterlos antes de lanzarlos al mercado, es tal que, sin contar las aplicaciones que le son peculiares, esta industria aprovecha aparatos y metodos pertenecientes a casi todas las otras.

Por esta razón, cualquier descubrimiento en el orden científico, cualquier aplicación en el orden industrial, encuentra su empleo en la industria minera, en cuan-

to es sancionado por la práctica.

No puede, por lo tanto, extrañarse la importancia que de poco tiempo á hoy ha tomado el empleo de la electricidad, sobre todo desde que quedó definitivamente resuelta, con el empleo de las corrientes polifásicas de alta tensión, la cuestión vital del transporte de fuerza, permitiendo la centralización de la producción de energía en el punto mas conveniente, y la distribución de la fuerza á toda una comarca minera.

La electricidad, es un agente de un valor inestimable: permite el transporte de la energía en condiciones de gran economía, y su transfor-

movimiento en energía mecánica o inversamente se hace en aparatos de elevado rendimiento. - Por otra parte se presta muy bien a transformaciones sencillas para obtener, no solo el movimiento, sino luz y calor y esto explica por que su generalización es tan rápida

Nuestro objeto es la creación y utilización de la energía de un salto de agua para los servicios de extracción, perforación, ventilación, transporte de productos, y lavadero. - La topografía del terreno está representada en el adjunto plano, en el que las curvas de nivel están trazadas con una diferencia de cotas de 10 metros

Los filones que forman la co-
marca minera, objeto de nuestro
estudio, están agrupados en dos
zonas situadas respectivamente
en la margen izquierda y en
la derecha del río. - Estos filo-
nes son sensiblemente parale-
los entre sí, y paralelos a los dos
sistemas de montañas que limi-
tan la cuenca del río.

Las zonas mineras, que design-
aremos para mayor brevedad
por A y B, constan respectiva-
mente:

La A de 4 filones, de los que el
más importante es el a que co-
rre en dirección en unos 1100 me-
tros de longitud. - Sigue a este

en importancia el b de unos 500 metros de longitud, y finalmente el c y d de menor importancia y próximamente iguales entre si, de 200 metros de corrida en dirección

Los filones están reconocidos hasta una profundidad de 200 metros.

En la zona B, existen tres filones: el a' de 800 metros de corrida en dirección, el b' de 400 metros y el c' de 200 metros de longitud

Estos filones están reconocidos a la misma profundidad que los de la zona A

El número de pozos actual-

mente existentes 10. - En la zona A hay 6 y los 4 restantes están en la zona B

De los seis pozos existentes en A, cuatro sirven para la extracción: están indicados en el plano con la letra E: en los dos pozos restantes de la zona A están instalados los servicios de ventilación y desagüe: estos pozos son los V.

Los tres filones de la zona B, se explotan por cuatro pozos, de los cuales dos corresponden al filon a' y uno a cada uno de los filones b' y c'. - En el pozo E₁ se instalará la extracción, y en el V₁ la ventilación y desagüe

En los pozos E'_2 y E'_3 , correspondientes a cada uno de los filones b' y c' , están instalados todos los servicios

Los pozos E_1 y E_3 son los de extracción de la mitad del filón a y del filón b . - La ventilación y desagüe de esta parte se hacen por el pozo V_1

La otra mitad del filón a y los filones b y c están servidos por los pozos de extracción E_2 y E_4 y por el de ventilación y desagüe V_2

Las labores efectuadas en la zona A son las siguientes

El pozo E_1 corta al filón a a los 60 metros de profundidad. - La ex.

plotacion se hace por pisos de 30 metros de altura

De 30 en 30 metros, contando segun el eje del pozo, se abrieron galerias en direccion perpendicular a' la del filon, prolongandolas hasta cortar a' este. - Despues, en direccion perpendicular a' estas, o' sea en la del filon se abrieron las galerias de direccion, y en estas, de 60 en 60 metros, pocillos inclinados que ponen en comunicacion unos pisos con otros

Con esto tenemos hecho el trazado de la parte del filon a que se ha de explotar por el pozo de Extraccion E_1 , o' sea en una longitud de 550 metros

Analogamente se hizo el trazado para el pozo E_3 que tiene 130 m. de profundidad, y corta al filon a los 90 metros; las galerías de dirección tienen 550 metros de longitud.

Entre los filones a y b en la parte central del a se situó otro pozo destinado a desagüe y ventilación del filon b y de la parte proxima del filon a. Este pozo está relacionado por galerías con las labores de que anteriormente hablamos.

La parte restante del filon a está servida por el pozo E_2 de 100 metros de profundidad. El trazado es igual en un todo a los

anteriores.

Los dos filones c y d, de menor importancia que los a y b, tienen un pozo E_4 situado entre ambos filones, a los que no conecta todavía a los 120 metros de profundidades. - Está relacionado por galerías transversales, con ambos filones. - Las galerías de dirección tienen 200 metros de longitud.

Finalmente, para los servicios de ventilación y desagüe de esta parte, existe el pozo V_2 , situado en la prolongación del filón c.

Los tres filones que existen en la zona B se explotan por

cuatro pozos, dos de los cuales corresponden al filon a' , y uno a cada uno de los filones b' y c' .

En el pozo E'_1 se instalaría la máquina de extracción y en el V'_1 el desagüe y la ventilación del filon a' .

En cada uno de los pozos E'_2 y E'_3 están instalados todos los servicios relativos a la explotación de los otros dos filones b' y c' .

El trazado es el mismo que hemos indicado para los filones de la zona A.

Refiriéndonos al método de ex.

plotación, observándose que los filones presentan generalmente alguna o algunas de las condiciones que hacen recomendable el empleo de los métodos de relleno. - Como su potencia es escasa, hay necesidad de avanzar gran cantidad de materia estéril, aun cuando las galerías se reduzcan a las menores dimensiones compatibles con el servicio que están llamadas a desempeñar.

El relleno lo proporciona, por consiguiente, la obra misma y si renunciásemos a emplearlo, en vez de obtener una economía nos impondríamos nuevos gastos por la necesidad de transportar

el estéril al exterior de la mina

Entre los métodos de relleno, el de bancos y testeros es el que mejor aplicación tiene para la explotación de filones de escasa potencia, como son los que nos ocupan

El método presenta dos variantes conocidas con los nombres de "explotación por bancos" y "explotación por testeros"

Una y otra presentan ventajas e inconvenientes. - Entre las ventajas de la explotación por bancos, está la mayor seguridad de los operarios cuando el mineral está bajo sus pies, que cuando, como ocurre en el

metodo por testeros, forma el
techo

Esta consideración, de capital
importancia en ciertos terrenos
de poca consistencia, es muy
secundaria en nuestro caso, por
que los filones arman en roca
de la suficiente cohesión pa-
ra que no sean de temer los
hundimientos, con pocas que
sean las precauciones que se
adopten

Otra ventaja del metodo de
bancos es la de quedar el mi-
neral arrancado sobre un sue-
lo firme, lo que disminuye
las perdidas, porque generalmen-
te es mas grueso que el mi-

neral arrancado por testeros, pues este en su caída se desmenuza y da mayor proporción de menudo.

Ademas, en el metodo de testeros el mineral cae sobre el relleno, y por esto, y por ser, segun hemos dicho de menor tamaño los trozos arrancados, es facil que se pierda entre el relleno, que forma en cierta manera un cuerpo filtrante. - Estas perdidas pueden evitarse con suma facilidad, colocando sobre el relleno un piso movil de madera o un trozo de lona.

Pero el metodo por testeros

presenta una cualidad de grandísima importancia, que hace que no vacilemos un momento en darle la preferencia sobre el método por barcos. - Nos referimos á los gastos de enteración, que son muy grandes en el método de barcos, en el que hay que sostener el relleno. - Como consecuencia de esto resultan nuevos gastos para la conservación de este verdadero edificio en el relleno, que no siempre ofrecería Todas las garantías de seguridad que son condición esencial para la explotación, lo mismo bajo el punto de vista econo

nico que bajo el humanitario

Otra ventaja que obtenemos con el método por testeros, es la de aprovechar la fuerza debida á la acción de la gravedad para el arranque, con lo cual se consigue alguna economía en la explotación

De modo que, resumiendo, emplearemos el método de relleno conocido con el nombre de bancos y testeros.

El mineral que forma nuestros filones, es la galena argentífera, y las gangas que acompañan, con el cuarzo, la siderosa y la baritina

La composición del mineral

es la siguiente

Galena — 35 % (con 0,6 % de plata)

Cuarzo — 32 %

Baritina — 28 %

Siderosa — 5 %

Siendo la ley en plomo 30 % y necesitando concentrar el mineral hasta el 70 %, para obtener una producción de 30000 toneladas de mineral lavado, habrá que extraer como mínimo 70000 toneladas, teniendo en cuenta el estéril que se arranca inevitablemente con el mineral. ¿Hay pérdidas de concentración?

Distribuiremos esta producción por partes iguales entre cada uno de los 6 pozos que se utilizan para la extracción

Facil nos será explotar la cantidad de mineral pedida, valien-
donos de las labores de trazado
que tenemos hechas.

Suponiendo 300 dias laborables
en el año, la cantidad de mine-
ral que hay que extraer diaria-
mente de cada pozo será

$$\frac{\frac{70000}{6}}{300} = 38,888 \text{ toneladas}$$

Claro es que este numero no
puede ser tomado como base
para el calculo de la potencia
de la máquina de extracción.
La razón es sencilla, porque no
hay que perder de vista que
nuestro proposito es crear un
salto de agua que suministre
la energia necesaria para los

servicios de una comarca minera, y sería erróneo, a nuestro juicio limitarse a lo que el distrito es ahora, sin tener en cuenta lo que puede y debe ser en el porvenir. - Si creásemos el salto atendiendo solamente al estado actual de explotación, pronto sería insuficiente para atender al incremento de producción a que forzosamente daría resultado la mayor economía en la explotación producida por la energía eléctrica.

Por esta razón, aunque separásemos algo de las condiciones impuestas en el enunciado del proyecto, creemos conveniente

te hacer el estudio en el supuesto de una producción mayor que la indicada, y nos ponemos en el caso límite de una producción diaria de 50 Toneladas en cada pozo, extraídas de una profundidad máxima de 400 metros.

En este supuesto, vamos a calcular la potencia de la máquina de extracción.

Suponiendo que en cada viaje de la paleta se eleve una tonelada de mineral, y que la velocidad de la paleta sea 2 metros por segundo, serán necesarios 60 viajes y en cada uno de ellos se empleará 200

segundos. - Por lo tanto, el tiempo dedicado diariamente al movimiento del mineral, será 12000 segundos, ó sea 3,33 horas.

Siendo la profundidad 400 metros, y 60 el número de toneladas extraídas, el trabajo total desarrollado será

$$60 \times 1000 \times 400 = 24000000 \text{ kgm.}$$

Admitiendo que el rendimiento sea $\frac{3}{4}$, la potencia del motor de extracción deberá ser

$$\frac{\frac{4}{3} \times 60 \times 1000 \times 400}{3,33 \times 3600 \times 75} = 35,5 \text{ caballos}$$

ó en números redondos 40 caballos

Como son seis los pozos de extracción, la fuerza total necesaria será 240 caballos

El motor de extracción en su funcionamiento, tiene que estar sometido a cambios muy frecuentes de velocidad. - Con el empleo de los motores asíncronos trifásicos hay varios modos de obtener estos cambios de velocidad, entre los cuales el que mejor se adapta a las máquinas de extracción es el sistema *Wye* que permite obtener económicamente todas las velocidades desde cero a la velocidad máxima. - La figura da idea de la disposición y de las conexiones.

Ventilación

Para asegurar a los obreros de la mina las condiciones higiénicas necesarias para la buena producción es preciso mantener una activa corriente de aire que sostenga en la mina las condiciones de oxigenación, humedad y calor que prescribe la higiene

Estas condiciones se cumplen en las minas metalíferas proporcionando de 40 a 50 litros de aire por hombre y por segundo

Supondremos para ponernos en estado de hacer frente a cualquier eventualidad, que haya que proporcionar 70 litros por

hombre y por segundo.

Experimentalmente se podrá determinar el orificio equivalente de la mina, viendo el gasto que corresponde á una depresión determinada. - Supondremos que el orificio equivalente sea un metro cuadrado.

El número de operarios que trabajan en cada pozo, puede evaluarse como un máximo en 60. - En los pozos E_1 y E_3 , que tienen el pozo común de ventilación V_1 , habrá por lo tanto 120 operarios, y la cantidad de aire necesaria, será:

$$120 \times 70 = 8,400 \text{ metros cúb.}$$

bicos por segundo.

La contracción de la vena gaseosa puede evaluarse en 0,65.-
Tendremos:

$$8,400 = 0,65 \times 1 \times v$$

siendo v la velocidad del aire, que
vamos a hallar primeramente:

$$v = \frac{8,400}{0,65} = 13 \text{ metros}$$

La depresión motora viene
dada por la fórmula

$$h = 0,14 \left(\frac{q}{a} \right)^2 \text{ en que } q \text{ es el}$$

gasto y a el orificio equivalente

Sustituyendo tendremos

$$h = 0,14 \left(\frac{13}{1} \right)^2 = 24 \text{ milímetros de}$$

agua.

Emplearemos ventilador cen-
trífugo del tipo Ser que tie-
ne un rendimiento manome-
trico elevado, 0,85

El radio exterior de la corona giratoria se toma generalmente como dato. - Fijaremos su valor en 0,75 metros.

Vamos a calcular la velocidad, por segundo, en la llanta del ventilador. - Esta velocidad y la depresión están ligadas por la relación

$$h = k w \frac{u^2}{g}$$

en la que k es el rendimiento manométrico, w la densidad del aire que sale de la mina (1,2, según M. Murque) y u la velocidad de la llanta, que es lo que buscamos.

Sustituyendo valores, resulta

$$u = 2,86 \sqrt{\frac{h}{k}} = 2,86 \sqrt{\frac{24}{0,85}} = 15 \text{ metros}$$

El número de paletas del ventilador Ser, es 32, y el radio del oído es 0,42 metros. - Por consiguiente la altura de las paletas es $0,75 - 0,42 = 0,33$

La anchura mínima de las paletas a la entrada, se determina por la condición de ofrecer al aire un paso igual al que presenta la sección libre del oído. - Será, pues

$$2\pi \times 0,42 \times x = \pi \times 0,42^2$$

de donde $x = 0,24$ metros

Calcularemos ahora el motor.

El trabajo que hay que desarrollar en la unidad de tiempo es: $q \times h$, es decir

$$q \times 0,14 \frac{q^2}{a^2} = 0,14 \frac{q^3}{a^2}$$

Sustituyendo valores, tendremos que la potencia será:

$\frac{592,7}{75} = 7,90$ caballos, y viendo el rendimiento mecánico del ventilador 0,60 y el del motor 0,85, la potencia que hay que suministrar al motor será 15,5 caballos

El motor será asincrónico trifásico, e irá acoplado directamente al ventilador

El número de revoluciones puede deducirse fácilmente.

Conociendo la velocidad en la llanta del ventilador que es 15 metros por segundo. - El número de revoluciones será por lo

~~Tanto~~ : $\frac{15}{2\pi \times 0,75} = 3,18$ revoluciones
por segundo, y por consiguiente
el número de revoluciones por
minuto, será 190,8, ó sea 200 en
números redondos

Hemos visto que cada venti-
lador necesita una fuerza de
15,9 caballos. - El número de ven-
tiladores instalados es 5, luego
la fuerza total que necesita
el servicio de ventilación es
de unos 80 caballos.

OP

Perforación

Suponiendo un avance medio de 2 metros en longitud, diariamente y un frente de galería de 3 metros cuadrados, habrá que avanzar 6 metros cúbicos con cada perforadora. - La densidad media del mineral y gangas es 2.5 próximamente. por lo tanto esos 6 metros cúbicos pesaran 30 toneladas

Como lo que necesitamos extraer en cada pozo son 60 toneladas el número de perforadoras por pozo será $\frac{60}{30} = 2$ si la perforación mecánica para el disfrute?

Por lo tanto en los 6 pozos de extracción necesitamos 12 perforadoras

Emplearemos perforadoras elec

tricas, de percusión, tipo Siemens y Halske

Esta perforadora se compone esencialmente de un árbol hueco que lleva la herramienta percusora; a cuyo árbol va fijo un aro aprietao por dos resortes. - Estos resortes son comprimidos en un cuadro accionado por una manivela que está puesta en movimiento por un juego de engranes cónicos. - El motor es independiente y está relacionado a la perforadora por un árbol flexible

El desplazamiento angular después de cada golpe se obtiene por un sistema de ranuras helicoidales

El movimiento de avance puede ser a mano, o automático

Esta perforadora tiene la ventaja de ser tan fuerte el impulso para avanzar la herramienta como la tracción para retirarla, lo que disminuye las probabilidades de que se acutire en la roca

Ademas puede golpear en vacío o contra una roca dura sin inconveniente, porque solamente trabajan los resortes.

La fuerza necesaria para cada perforadora es 3 caballos en el cuadro de distribución, es decir teniendo en cuenta las pérdidas en los intermediarios

Para las 12 perforadoras necesi-
taremos por lo tanto 36 caballos.

Transporte

El transporte en el interior de las minas se hará por pendien-
tes de equilibrio por hombres. por-
que la instalación de un trans-
porte eléctrico en el interior, nos
obligaría a aumentar las seccio-
nes de las galerías y no resulta-
ría ventajoso.

La vía será de 0,60 en la zona
B y puede ser menor en la
zona A. Las wagonetas serán
de 500 Kilogramos de carga útil
y 250 Kilogramos su peso.

7
Todo el mineral extraído en las dos zonas será transportado al lavadero que supondremos colocado en la proximidad de un ferrocarril general que atraviese la comarca y que permita la fácil salida de los productos explotados en nuestra comarca minera

Los minerales de la zona A, se llevarán al lavadero por un transporte aéreo sistema Bleicher, de 4 kilómetros de longitud

Entre la estación de partida y la de descarga en la proximidad del lavadero, hay un desnivel de 120 metros

Cada cubo llevará 300 kilogramos de mineral, y la separación entre dos cubos será 50 metros.

Habrà por consiguiente en la línea 160 cubos, de los que 80 vacíos é igual número cargados.

El peso de cada cubo vacío será 150 kilogramos.

La línea deberá ser capaz para un transporte máximo diario de 240 toneladas (formada de 10 horas).

En estas 10 horas de trabajo, cada cubo deberá transportar

$$\frac{2.400.000}{160} = 1500 \text{ kg}$$

de mineral, y debe hacer por lo tanto $\frac{1500}{300} = 5$ viajes en las 10 horas, ó sea la mitad de su

recorrido, 4000 metros, en una hora, resultando una velocidad de $\frac{4000}{3600} = 1,10$ metros por segundo.

Esta velocidad es algo excesiva, pero hay que tener en cuenta que es la que corresponde al caso de producción máxima, y que aun en este caso podemos disminuirla a mas de la mitad, puesto que podemos aumentar en mas del doble el número de horas que cada día debe trabajar el transporte aereo.

Veamos ahora si el transporte aereo será automotor.

La figura del perfil del

Transporte aereo nos hace ver que hay dos pendientes generales una de 9° para subir a la cumbre, en una longitud de 1877 metros, y la de bajada, de 25° y de 2173 metros de longitud.

El esfuerzo de tracción de los 43 cubos que en un instante que se considere ocupan los 2173 metros de bajada, está expresado por

$$43 \times 450 \times \text{sen } 25^\circ = 8875$$

Y el esfuerzo de tracción de los 37 cubos vacíos que en ese momento bajan la pendiente de 9° será

$$37 \times 150 \times \text{sen } 9^\circ = 832,50$$

Por consiguiente, el esfuer.

20 motor será:

$$1875 + 832,50 = 940,50 \text{ kg}$$

El esfuerzo resistente de los 37 cubos cargados que en ese momento suben la pendiente de 9° es, expresado por

$$37 \times 450 \times \sin 9^\circ = 2497$$

Y el de los 43 cubos vacíos que suben la pendiente de 25° , será

$$43 \times 150 \sin 25^\circ = 2709$$

Luego el esfuerzo resistente es:

$$2497 + 2709 = 5206 \text{ kg}$$

El esfuerzo motor resultante será $9.707 - 5206 = 4501 \text{ kg}$

Si las resistencias pasivas son menores, el transporte aéreo será automotor

Para evaluar estas resisten

hay que calcular primero la sección del cable carril

Esta sección, en el punto en que trabaja mas desfavorablemente, que es en el cruce del río, puede calcularse por la fórmula

$$t = \frac{P}{8f} \sqrt{d^2 + (h + 4f)^2}$$

en la que P es el peso, d la distancia entre los soportes, f la flecha y h la proyección del trazo de cable sobre el soporte mas elevado

En nuestro caso $d = 120$ metros
 $P = 1500$ Kg. - Admitiremos una flecha de $\frac{1}{10}$ o sea $f = 12$ metros;
 $h = 10$ metros

Substituyendo, resulta

$$t = \frac{1500}{96} \sqrt{14400 + 3364} = 2090 \text{ Kg}$$

Una vez conocida la tensión,
se halla la sección por la expresi-
ón $R_s = 2090$. - Tomando pa-
ra R 10 kg por mm^2

$s = \frac{2090}{10} = 209 \text{ mm}^2$ que corres-
ponde a un cable de 16,5 mm
de diámetro

Este cable pesará 8 toneladas

El cable de tracción de 15 mm de
diámetro pesará 6 toneladas

Los 80 cubos cargados pesarán 36
toneladas

Los 80 cubos vacíos pesan
12 toneladas

En total, peso que soporta
el transporte 62 toneladas

Supondremos que el coefi-
ciente de rozamiento resul-

tante de todos los rozamientos sea 0,05. - Las resistencias pasivas valoran

$$62000 \times 0,05 = 3100 \text{ Kg}$$

Como el esfuerzo resultante de tracción era 4501 kilogramos, tenemos un excedente de fuerza de 1401 kilogramos

La velocidad es 1,10 metros por segundo, por lo tanto el trabajo sobrante en la unidad de tiempo será $1401 \text{ Kg} \times 1,10 \text{ m} = 1541 \text{ Kgms.}$

Esta potencia expresada en caballos será $\frac{1541}{75} = 20,54$ caballos.

Por lo tanto vemos que el transporte aéreo será automotor.

Los minerales de la zona B van al lavadero por un ferrocarril eléctrico que termina en la cabeza del plano inclinado que conduce los minerales al lavadero. - Tiene 2200 metros de longitud. - El trazado está hecho con una pendiente media del 1%. - La mayor pendiente es del 2% y el radio mínimo en las curvas 20 metros. - El ancho de la vía será 0,60 metros.

Hay que transportar diariamente 180 toneladas de mineral.

La carga útil de los wagones es 500 Kg y su peso muerto 250 Kg.

Las 180 toneladas se transportarán en 18 trenes de 10 toneladas.

cada uno, con 20 Wagonnes por consi-
guiente y á una velocidad de 15
Kilometros por hora

El trayecto de los trenes cargados
de mineral es bajando, de modo que
las locomotoras solo deberian te-
ner la fuerza necesaria para
arrastrar los trenes vacios. - Pero
como es probable que haya que trans-
portar á la mina objetos diversos,
tales como piezas de maquinas ó
maquinas completas etc, calcu-
laremos la potencia de las loco-
motoras en el supuesto de que
los trenes que suben vayan con
una carga de 5 toneladas.

En este supuesto el peso de
un tren de los que suben es

20 wagones a' 250 Kg — 5000 Kg

Carga al subir 5000 Kg

en total 10 toneladas

Para calcular la potencia de las locomotoras supondremos que el radio mínimo de curvatura sea 20 metros y la mayor pendiente en la línea el 2%

Calculemos primeramente el esfuerzo de tracción. - Será:

$$P = 10000 \text{ Kg} (0,012 \text{ Kg} + 0,02 \text{ m.}) = 320 \text{ Kg}$$

Ahora bien, sabemos que la máquina no puede desarrollar un esfuerzo de tracción mayor que su peso multiplicado por el coeficiente de adherencia.

Por lo tanto podemos establecer la siguiente desigualdad

$$320 < \frac{P}{8}$$

siendo P el peso de la máquina y un octavo el coeficiente de adherencia

$$\text{De aquí } P > 8 \times 320$$

Por consiguiente la locomotora ha de tener un peso mayor que 2560 Kilogramos. Tomaremos por lo tanto 3 toneladas como peso para la locomotora

Para calcular la potencia del motor emplearemos la fórmula

$$P \left(f + i + \frac{0,5 \times a}{r} \right) \frac{v}{3600 \times 75}$$

en la que

$P = 13000$ kilogramos es el peso del tren
 f el esfuerzo de tracción en kg por kilogramos, igual a 0,012

i la pendiente en metros = 0,02
 $a = 0,60$ m el ancho de la vía
 $r = 20$ m el radio mínimo de curva
tira

$v = 15000$ m por hora, la velocidad

Sustituyendo tendremos

$$13000 \left(0,012 + 0,02 + \frac{0,5 \times 0,60}{20} \right) \frac{15000}{3600 \times 75}$$

y haciendo las operaciones indicadas, resulta para la locomotora una potencia de
 $23,03395$ caballos

Esta es la potencia que el motor tiene que desarrollar en la llanta de las ruedas

Si el rendimiento de la transmisión es 0,90, la potencia que deberá desarrollar el motor será $25,59$ caballos, y si el

rendimiento del motor es 0,85,
la potencia que habrá que su-
ministrarle será 30,1 caballos

El servicio puede hacerse con
dos locomotoras, por lo tanto la
fuerza necesaria para la trac-
ción, será 60,2 caballos

La tracción la haremos por
corriente continua, con mo-
tores en derivación

La transformación se hará
por un motor asincrónico
trifásico que mueve una di-
namo de corriente continua

El voltage de servicio será 500
volts

Aunque en los arranques aumen-
ta mucho el esfuerzo de tracción

bastará la potencia que hemos calculado, porque el tren no arranca al mismo tiempo en toda su longitud; sino que debido a la holgura que queda entre los enganches, se ponen en movimiento los wagones sucesivamente.

El motor asincrónico que empleamos para la conversión de la corriente alterna en continua, toma la corriente directamente de la línea y trabaja al voltaje de servicio, sin transformación previa.

¹⁴ Taller de preparación mecánica

La preparación mecánica de los minerales, tiene dos objetos principales: disminuir los gastos de transporte del mineral desde el punto de producción al de consumo, no transportando las materias estériles que le acompañan, y enriquecerlo poniéndolo en condiciones adecuadas para el tratamiento metalúrgico a' que haya de ser sometido.

En la preparación mecánica se pierde siempre alguna cantidad de mineral que se marcha con el estéril. - Estas pérdidas son muy variables segun

sea el lavadero, y sobre todo segun la composición de las gangas que acompañan al mineral. - Asi en la preparación mecánica de las galenas, varían las perdidas de 2 a 30% segun que la ganga sea cuarrosa ó que la galena venga acompañada con calamina arcillosa

Estas perdidas tienen sobre todo importancia en el lavado de la galena argentífera, por que la galena se empobrece mucho en plata. - Esta es la razón por la que en estos minerales no debe llevarse la preparación mecánica hasta el límite de enriquecimiento que

permiten obtener los aparatos y procedimientos de lavado que se usan actualmente

Nosotros llevaremos el enriquecimiento en plomo hasta el 70%

El taller lo proyectaremos para una producción diaria de 100 toneladas

La figura da idea de la disposición de este taller

El mineral que llega por el transporte aéreo y por el plano inclinado, se lleva al lavadero por la vía V, de donde las wagnetas lo echan en la tolva

Pasa con un chorro de agua a la regilla a, de 30 milímetros. - En esta regilla se ha-

ce un estrió á mano, separando
dos clases: rico y estéril

Este escogido es de mucha im-
portancia y debe hacerse muy
detenidamente empleando en él
operarios muy expertos, con ex-
clusión de mujeres y niños que
no den las garantías suficien-
tes de que la operación haya de
ser todo lo esmerada posible

Damos gran importancia á es-
te escogido, porque está intima-
mente relacionado con las per-
didas en plata que hayan de
resultar al fin de la operación

Los brozos menores de 30 mi-
límetros que atraviesan la regi-
ón van por el canal 6 á un

sistema de 3 trómeles clasificadores, t.

La densidad de la galena es 7,5 y la densidad media de la ganga, dada la composición que hemos supuesto al mineral, es 3,4

La razón de la progresión de los orificios de los trómeles t, será:

$$\frac{7,5 - 1}{3,4 - 1} = 3$$

Por lo tanto, los trómeles serán de 9, 3 y 1 milímetros respectivamente.

Los trozos mayores de 30 milímetros que no atraviesan la regilla a, van por el canal c a una quebrantadora Q de la que pasan a los tróme

les t .

Los trozos de dimensiones mayores que 9 milímetros que no atraviesan la tela del primer tromel, son llevados por el canalizo c' a los cilindros trituradores C , de donde pasan al tromel t' , de 9 milímetros para sufrir una clasificación.

Los trozos que no atraviesan la tela del tromel, son elevados por una cadena de canchales a ser triturados nuevamente en los cilindros C .

Los trozos de dimensión comprendida entre 3 y 9 milímetros, que no atraviesan la tela del segundo tromel t

van por un canal a reunirse con el mineral que atravesó la tela del tromel t' , y todo junto, va por el canal k a la criba de piston P de dos compartimientos.

Los trozos comprendidos entre 1 y 3 milímetros, procedentes del tercer tromel, van a la criba de piston P' por el canal k'

La criba P , de dos compartimientos, da tres clases, rico del 70 % de plomo, un mixto de 50 % de plomo y estéril que tiene aun algo de plomo 1 a 2 % y algo de plata

Los mixtos de ambas cribas

se remanen en un canal c'' al cual vienen á parar tambien los trozos menores de 1 milímetro de t_3 . - Todo junto va á los cilindros C' y al tromel t'' de 0,00075 metros. - Los trozos mayores que esta dimensión que no pasan, son elevados de nuevo á los cilindros por otra cadena de cauyilones.

Los trozos menores de 0,00075 metros van por el canal k''' á dos round-buddle, que dan cada uno, rico, misto y esteril.

El esteril, por los canales c'' se marcha. - El rico se recoge en el canal k^{iv} y el misto

va por los canales c'' a la mesa de Linkenbach I, donde sufre una nueva concentración, dando un rico y estéril.

El rico se recoge en el canal k^v y el estéril va por el canal c^v .

El estéril obtenido en las cribas de piston, sale por el canal f y se reúne con el estéril de los round-buddle que va por el canal c''' y con el estéril de la mesa de Linkenbach que va por el canal c^v .

Todos estos productos van al laberinto l donde se recogen las últimas partículas de

mineral

Ya hemos dicho que no debe llevarse muy lejos la preparación del mineral por ser argentífero y por lo tanto ser muy considerables las pérdidas en plata.

Para disminuir estas pérdidas, es necesario poner sumo cuidado en la concentración de las materias finas: por eso el estéril no se tira directamente, sino que se le hace pasar por un laberinto de gran desarrollo, en donde quedan depositadas las últimas porciones de mineral susceptibles de ser recogidas.

Este taller es capaz de una producción de mineral lavado al 70 %, de unas 50 toneladas diarias, o sea 15000 al año. - Para obtener las 30000 toneladas pedidas de mineral lavado al 70 %, se construirá otra parte simétrica. La disposición exactamente la misma.

La fuerza necesaria para este taller es:

Quebrantadora. trata 5 toneladas por hora. - fuerza 8 caballos.

Tromeles clasificadores, fuerza 8 caballos gastan 200 l. de agua por minuto

Cilindros trituradores. - Fuerza
necesaria 6 caballos

Cribas filtrantes 4 caballos y
200 l. por minuto

Round-buddle. - 400 litros de
agua por minuto y 2 caballos
de fuerza

Mesa Linkenbach - 200 litros de
agua y 1 caballo.

2 cadenas de cañilones, 6 ca-
ballos

La fuerza total necesaria pa-
ra todo el taller de lavado es
70 caballos y la cantidad de
agua 33 litros por segun-
do.

Siendo 0,85 el rendimiento
del motor necesitamos 82 caba-

llos para todo el taller de lavado

Los 33 litros de agua que se necesitan por segundo, pueden derivarse del arroyo que pasa por debajo del lavadero

Como el terreno es accidentado la conducción será de pequeña longitud.

Del estudio que llevamos hecho, vemos que la fuerza de que necesitamos disponer es:

Extracción	240	caballos
Ventilación	80	caballos
Perforación	40	caballos
Ferrocarril	60	caballos
Lavadero	70	Caballos

Que hacen un total, en números redondos, de 500 caballos

Esta fuerza está distribuida del modo siguiente:

En la zona A — 210 caballos
En la zona B — 190 caballos
En la central de tracción — 60 caballos
En el lavadero — 70 caballos

Si evaluamos en un máxi-
mo de 10 % la pérdida de ener-
gía en la línea, necesitare-
mos disponer en las barras
del cuadro de distribución de
la central eléctrica de una
potencia de 550 caballos
que divididos por el rendimien-
to de los alternadores, que sa-
pondremos 0,92 dará una
potencia de 597 caballos que
será la que haya que sumi-
nistrar a los alternadores

Si el rendimiento de las
turbinas es 0,80 la fuerza
teórica del salto deberá ser

$$\frac{600}{0,80} = 750 \text{ caballos}$$

La altura del salto es 50 m.

Como conocemos la potencia, tenemos que hallar la cantidad de agua que habrá que derivar para producir esta fuerza.

La potencia teórica está expresada por.

— $P_t = \frac{Q \cdot H}{75}$, y sustituyendo, resulta

$Q = \frac{75 \times 750}{50} = 1500$ litros por segundo.

Suponiendo que el agua lleve una velocidad de 0,40 metros por segundo en el fondo, la velocidad media viene dada por

$$v = \frac{4}{3} \times 0,40 = 0,53 \text{ metros}$$

Por lo tanto la sección que deberá tener el canal para dar paso a este caudal de agua

será:

$$S = \frac{1,500 \text{ m}^3}{0,53 \text{ m}} = 2,830 \text{ m}^2$$

El canal será de sección trapezoidal: escogeremos las dimensiones del trapecio de modo que se satisfagan las siguientes relaciones

$$B = 4h$$

$$b = 2h$$

Entonces:

$$S = \left(\frac{B+b}{2} \right) h = \left(\frac{4h+2h}{2} \right) h = 3h^2$$

de donde resulta

$$h = \sqrt{\frac{S}{3}} = \sqrt{\frac{2,830}{3}} = 0,98 \text{ metros}$$

Por consiguiente, las dimensiones del canal serán

$$B = 4 \times 0,98 = 3,92 \text{ m.}$$

$$b = 2 \times 0,98 = 1,96 \text{ m}$$

El perímetro mojado es la línea 1, 2, 3, 4, es decir

$$h\sqrt{2} + 2h + h\sqrt{2} = (0,98 \times 1,41)^2 + 1,96 = 4,72 \text{ metros}$$

Conociendo el perímetro mojado, la sección y la velocidad del agua, ya podemos aplicar la fórmula de Proby para calcular la pendiente del canal:

$$i = \frac{P}{S} (a v + b v^2)$$

en la que:

P es el perímetro mojado

S la sección del canal

v la velocidad

a un coeficiente que vale 0,000044

b un coeficiente igual a 0,00031

Sustituyendo en la fórmula

todos estos valores que ya hemos hallado anteriormente tendremos

$$i = \frac{4,72}{1,830} (0,00044 \times 0,53 + 0,00031 \times 0,28) =$$
$$= 1,66 \times 0,000118 = 0,00028$$

La presa tendrá 3,50 metros de altura y un talud de $\frac{1}{10}$ en la parte de aguas arriba.

El talud de aguas abajo será $\frac{1}{3}$

El espesor en el coronamiento de poteros hallarlo por la fórmula

$$x = h \left[- \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{2m} \right) + \sqrt{\frac{2}{3n} + \frac{1}{3m^2} - \frac{1}{12m^2}} \right]$$

siendo:

$h = 3,50$, altura de la presa

$\pi = 2,5$ densidad de la mampostería

$\frac{1}{n} = \frac{1}{10}$ talud aguas arriba

$\frac{1}{m} = \frac{1}{3}$, talud aguas abajo

Sustituyendo tenemos:

$$x = 3,5 \left[\left(\frac{1}{10} + \frac{1}{6} \right) + \sqrt{\frac{2}{3 \times 2,5} + \frac{1}{27} - \frac{1}{1200}} \right] \text{ y ha-}$$

ciendo las operaciones indicadas resulta para la presa un espesor de 1,015 metros en el coronamiento.

El espesor en la base será por lo tanto: $0,35 + 1,015 + 1,155 = 2,52$ metros.

El canal de desagüe tiene 20 metros de longitud, le damos una pendiente de 1%

Por lo tanto se pierden 20 centímetros de altura del salto

El desnivel efectivo que resulta entre la superficie del agua del canal y el nivel del río es de 51 metros.

Quisiéramos disponer de un salto de 50 metros: como disponemos de una altura de carga de 50,70 metros, podemos admitir en los tubos de conducción a presión una pérdida de carga de 0,70 metros.

Con estos datos podemos calcular la sección.

Dividiremos el caudal de agua aportado por el canal en dos partes que haremos bajar por dos tuberías independientes.

Cada uno de los tubos ha de tener un gasto de 750 litros por segundo

El diámetro lo calcularemos por la fórmula

$$D = \sqrt[5]{\frac{\beta L Q^2}{Y}}$$

siento $\beta = 0,002$

L , longitud de la tubería = 60 m.

$Q = 0,75 \text{ m}^3$ por segundo

Y , pérdida de carga = 0,70 m.

Resultará por consiguiente

$$D = \sqrt[5]{\frac{0,002 \times 60 \times 0,55}{0,70}} = \sqrt[5]{0,094} = 0,62 \text{ m.}$$

Cada tubo tiene por lo tanto
62 centímetros de diámetro

La presa tiene 25 metros de longitud, es de forma de arco de círculo, presentando su convexidad en el sentido de aguas arriba, con objeto de darle mayor resistencia al empuje del agua. - La flecha es $\frac{1}{12}$

Esta cimentada y estribada en roca

El perfil es un trapecio con taludes de $\frac{1}{10}$ y $\frac{1}{3}$ según hemos dicho

Se haría el macizo de la presa de hormigón de cemento de muy buena calidad

Para evitar las excavaciones en la parte de aguas abajo, y la ruina de la pre

sa que sería la consecuencia inmediata de estas excavaciones, se construye una escollera de grandes piedras, en la parte aguas abajo de la presa.

Esta escollera presenta en la parte superior una superficie curva, tangente al paramento de la presa.

Esta superficie evita que las aguas adquirieran la velocidad de la caída libre y escaven los cimientos.

Sobre la escollera se hará un zanjeado de 0,25 metros de espesor, con hormigón de cemento.

En el remanso producido por la presa, se verificará una decantación de las materias que el agua lleve en suspensión: esta decantación puede no ser suficiente sobre todo en tiempos de crecida del río. - Para completarla estableceremos en la parte del canal próxima á la presa un depósito de decantación. - En este depósito de decantación, se establecerá un vertedero para evacuar el sobrante de agua y en el fondo una compuerta de desagüe para dar salida á las materias que se hayan depositado en el depósito de decantación.

Las compuertas están colocadas antes del canal de decantación.

Son dos, de chapa de hierro, de forma rectangular. - La maniobra se hace á brazo por medio de una manivela que acciona ~~dos~~ piñones que engranan en otras tantas cremalleras.

El canal está construido según el trazado indicado por el plano general y los perfiles transversales. - Los terrenos que atraviesa son tierras compactas y rocas de diferente dureza, predominando las rocas blandas como las pizarras que for-

man la mayor proporción de las atravesadas

El terreno atravesado es impermeable en su mayor parte

En las porciones permeables, ya por serlo los terrenos atravesados, ya por fisuras en la roca, se construye un revestido de mampostería hidráulica, revocado de cemento

Lo mismo se hará cuando el canal vaya en terraplen

Para evitar que penetren en el canal cuerpos flotantes de grandes dimensiones que podrían deteriorarlo, se establecerá a la entrada, antes de las compuertas una regi

lla de fuertes barriles de hierro que defen entre si un pequeño espacio

A la terminación del canal, se establecerá una compuerta de alivio y un vertedero para las aguas sobrantes, y antes de los tubos de conducción una miera rejilla mas tripida para detener los cuerpos que hayan caido en el canal, que llegando á las turbinas podrian deteriorarlas

Los tubos de palastro que conducen el agua á las turbinas, descansan sobre macizos de mampostería ordinaria

Las turbinas son radiales, centrífugas, del tipo Francis. - La principal ventaja de estas turbinas centrífugas es el ser auto-reguladoras según sabemos. - La figura da idea de su disposición y funcionamiento.

Cada turbina (hay tres) acciona un alternador trifásico de 140 kW. - Los alternadores están devanados en estrella, y producen la energía a una tensión de 5000 volts.

El esquema indica la disposición del cuadro de distribución con la claridad suficiente para hacer inútil su descripción detallada.

Pasemos a calcular la línea

de transporte de fuerza. - Coni-
deremos primeramente la par-
te comprendida desde la fabri-
ca al punto N. - Siendo

$l = 3500$ m. distancia de la fábrica
a N

$\rho = 2 \times 10^{-6}$ resistencia específica del
cobre empleado

$t = 3600$ horas de trabajo al año

$n = 0,016$
 $p = 0,0001$ } (Géneros)

$a = 0,10$ amortización por pérdida y
año (se amortiza en 10 años al 5%)

Tendremos para la pérdida de vol-
tage y para la densidad de corriente

$$e = 3 \cdot 350000 \sqrt{\frac{0,016 \times 0,10 \times 2 \times 10^{-6}}{3600 \times 0,0001}} = 98,7 \text{ Volts}$$

$$j = \sqrt{\frac{0,016 \times 0,10}{0,0001 \times 3600 \times 2 \times 10^{-6}}} = 47 \text{ A. por cm}^2$$

La potencia útil que hay que transmitir es 405 kW. - Fijando el voltaje en 5000 V., la pérdida de voltaje es el 2% . - Tendremos

$$P = 405000 \text{ W} = \sqrt{3} \cdot 0,80 \cdot 5000 \cdot I_f$$

de donde $I_f = 60$ Amperes

y por lo tanto

$$S = \frac{I_f}{\delta} = \frac{60}{47} = 1,2 \text{ cm}^2$$

Línea del lavadero

Longitud 1000 metros

Fuerza necesaria 50 kW.

Línea trifásica a 5000 volts

Será:

$$50.000 \text{ W} = \sqrt{3} \cdot 0,80 \cdot 5000 \cdot I$$

de donde $I = 7,6$ Amperes

Pérdida en la línea 2% = 100 V.

Por consiguiente:

$$3 \times 100000 \times 2 \times 10^{-6} \times \frac{7,6}{S} = 100 \text{ V. luego}$$

$$S = 0,05 \text{ cm}^2$$

Línea de Tracción

La fábrica está emplazada a la mitad de la línea, siendo la distancia desde la fábrica a los extremos de esta 1100 metros

La potencia es 45 kW. y la pérdida tolerable 5%

Tendremos:

$$i_v = 45000 \text{ W.}$$

$$i_p \frac{l}{S} = 25 \text{ V.}$$

y por lo tanto

$$i = \frac{45000}{500} = 90 \text{ Amperes}$$

$$90 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{110000}{S} = 25$$

luego

$$S = 0,19 \text{ cm}^2$$

Transporte a la zona A

La distancia es de 4500 metros, y la energía que hay que transportar 140 KW.

El voltage es 5000

Procediendo como anteriormente, tendremos

$$140000 = \sqrt{3} \times 0,80 \times 5000 \times I$$

de donde $I = 20$ Amperes

La pérdida admisible es 100%, luego

$$100 = 3 \cdot \frac{450000}{S} \times 2 \cdot 10^{-6} \times 20$$

de donde resulta para la sección $S = 0,54 \text{ cm}^2$

La línea será aérea. - Los hilos irán dispuestos en triángulo equilátero para evitar los efectos de la autoinducción

La distancia entre los postes será 40 metros por término medio. - Los postes, serán de madera, de 8 metros de altura. - Es conveniente que sean de madera resinosa porque tardan mas tiempo en pudrirse. - De todos modos convendrá prepararlos con alguno de los métodos que se usan para la conservación de las maderas: por ejemplo introduciendo previamente en sulfato de cobre la parte que ha de ir enterrada. - También será conveniente alquitranar la parte baja del poste en una altura de un metro, y el extremo superior, por ser las partes

mas directamente expuestas á la humedad.

Los tres hilos irán sobre aisladores de porcelana, triple campana

En los cambios de dirección se consolidaran los postes con otros inclinados

Ademas se adoptaran todas las precauciones para evitar accidentes, tales como revestir los postes hasta cierta altura, de espino artificial para que no puedan ser escalados, la colocación de placas indicando el peligro etc etc

Los motores asíncronos trifásicos empleados en la extracción reciben la corriente a la tensión de servicio 5000 volts, sin transformación especial, porque hay suficiente garantía de seguir en la necesidad de ser el maquinista de extracción persona competente. - Claro es, que se colocaran los cables en las condiciones necesarias de aislamiento

Los motores de las perforadoras recibirán la corriente a 110 volts. - El cambio de la tensión se hará en 2 transformadores en los pozos de la zona A. - Cada uno de estos

transformadores proporcionará la energía a las perforadoras de los pozos, entre los que estará situado. - Estos transformadores serán de 8,8 kilowatts

Los motores asincrónicos que accionan a los ventiladores trabajarán a una tensión de 250 volts. - En la zona A habrá un transformador para cada uno. - Estos transformadores serán de una capacidad de 12 kilowatts

En la zona B, los motores de las perforadoras y los de los ventiladores trabajan a 110 volts y la transformación se hace en un transformador de 31

Kilowatts

El motor del lavadero trabaja a la tensión de 5000 volts, y lo mismo sucede con el motor que acciona a la dinamo de corriente continua que nos da la fuerza empleada en la tracción

— . —

Presupuesto
del salto (presa, canal, fabri-
ca, turbinas etc) y del ma-
terial eléctrico necesario para
los servicios de extracción,
ventilación, perforación,
transporte y lavadero de
minerales

Presa

186 m ³ hormigón de cemento, á 30 pts	5580
300 m ³ de escollera á 10 peretas	3000

Canal

65000 m ³ de excavación á 1,50	97500
10400 m ³ de terraplen á 0,50	5200
4400 m ³ mampostería hidráulica á 15 pts	66000
Camaras de decantación, vertederos, compuertas etc	8000
120 m. conducción de hierro á 1,50 kg. (20000 kg)	30000
Total	<hr/> 176280

Central eléctrica

Casa, cámara de agua para turbinas y canal de desagüe	60000
3 turbinas Francis de 200 caballos á 10580 pts	31740
3 Alternadores trifásicos de 170 Kilowatts de 50 periodos por segundo á 20000 pts	60000
Cuadro de distribución, pararrayos etc	1500
<hr/>	
Total	153240

Línea de transporte de fuerza

300. postes de madera a' 15 pesetas	4500
900 aisladores, triple cam- paña a' 1,50	1350
18050 kilogramos de co- bre (peso de los conducto- res de transporte de fuer- za) a' 3,50 pts kilogramo	63.175
¿endido de las líneas	1000
Total	<hr/> 69925

Extracción

6 motores asincronicos	
de 40 caballos a 8000 pts	48 000
6 dinamos c.c. a 6000	36 000
6 motores c.c. a 6000	36 000
Total	<u>120.000</u>

Ventilación

5 motores asincronicos	
de 16 caballos a 4000	20000
2 transformadores de 12 Kw	4000
1 transformador de 45 Kw	4500
Total	<u>28500</u>

Lavadero

Motor asincronico de	
50 kilowatts.	12000
Total	<u>12000</u>

Fracción

Motor asincronico de 45 kW	11000
Dinamo c.c.	9500
2 locomotoras a 15000	30000
1564 kg. cobre a 3,50 kg	54740
Cuadro	500
Total	<u>105.714</u>

Los soportes para el cable estan incluidos en la linea de transporte de fuerza

Resumen

Presa y canal	176280
Central electrica	153240
Linea de transporte	69925
Extracción	120000
Ventilacion, lavadero y tracción	<u>146214</u>
Total general	665.659

Madrid 1905

José Arango y Arango